

Perancangan dan Implementasi Modulator FSK untuk Perangkat Transmitter Satelit ITS-SAT pada Frekuensi 436,915 MHz

Destina Surya Lestari, Eko Setijadi, dan Suwadi

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: ekoset@ee.its.ac.id, suwadi@ee.its.ac.id

Abstrak—Saat ini perkembangan satelit di Indonesia selangkah lebih maju, hal tersebut ditandai dengan pembuatan satelit nano IINUSAT (Indonesian Inter University Satellite) yaitu satelit yang dikembangkan dengan kerjasama antar universitas ternama di Indonesia; UI, ITB IT Telkom, UGM, ITS dan PENS. Saat ini Institut Teknologi Sepuluh Nopember mencoba membuat satelit sendiri yang dimulai dengan proyek satelit ITS-SAT. Untuk mendukung pembuatan satelit ITS-SAT diperlukan subsystem yang terdiri dari perangkat transmitter (modulator FSK dan Power Amplifier), receiver (demodulator FSK dan Low Noise Amplifier), dan OBDH. Tugas akhir ini difokuskan pada perakitan modulator FSK pada perangkat transmitter yang mempunyai kecepatan transfer data sebesar 9600 bps yang bekerja pada frekuensi downlink 436,915 MHz. Perangkat modulator dirancang agar dapat memodulasi sinyal carier dengan defiasi frekuensi tertentu. Modulator yang digunakan adalah modulator FSK dengan kecepatan transfer datanya 9600 bps dan bekerja pada frekuensi 436,915 MHz.

Kata Kunci—Frekuensi Downlink, Kecepatan Transfer Data, Modulator FSK, Satelit ITS-SAT.

I. PENDAHULUAN

SECARA geografis Indonesia terdiri dari kepulauan yang dipisahkan oleh laut, selat dan pegunungan. Hal tersebut berdampak pada penyelenggaraan sistem telekomunikasi secara menyeluruh. Sistem komunikasi dengan menggunakan fiber optik atau sistem komunikasi lainnya memerlukan biaya sangat besar dalam instalasi dan perawatannya serta akan mengalami hambatan dalam instalasi karena dipisahkan oleh laut-laut. Kondisi ini menjadikan sistem komunikasi satelit cocok diterapkan di Indonesia. Baik dari sudut pandang pertahanan dan keamanan, pemetaan dan pemanfaatan sumber kekayaan alam, maupun jaringan telekomunikasi, keberadaan satelit yang mampu mencakup seluruh wilayah Indonesia sangat cocok untuk diterapkan di Indonesia.

Dewasa ini di Indonesia sudah dikembangkan satelit mikro dan satelit nano, yaitu satelit IINUSAT (Indonesian Inter University Satellite), yaitu satelit yang dikembangkan dengan kerjasama antar universitas ternama di Indonesia; UI, ITB IT Telkom, UGM, ITS dan PENS.

ITS mencoba mengembangkan satelit sendiri dengan mengawali proyek satelit ITS-SAT. Satelit ITS-SAT ini menggunakan sistem komunikasi yang akan bekerja pada pita radio amatir pada spektrum UHF sehingga diharapkan dapat

direalisasikan dengan biaya yang tidak mahal. Kecepatan transfer datanya 9600 bps. Satelit ITS-SAT mempunyai beberapa sub sistem yang salah satunya adalah sub sistem komunikasi yang terdiri dari perangkat Radio Frequency (RF) yang diintegrasikan dengan baseband dan modem (modulator demodulator).

Perangkat modulator dirancang agar dapat memodulasi sinyal carier dengan defiasi frekuensi tertentu. Modulator yang digunakan adalah modulator FSK dengan kecepatan transfer datanya 9600 bps dan bekerja pada frekuensi 436,915 MHz.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Frequency Shift Keying (FSK)

Frequency Shift Keying (FSK) merupakan modulasi digital yang paling umum dalam spektrum radio frekuensi tinggi. Frequency Shift Keying (FSK) adalah teknik modulasi digital dimana pulsa-pulsa biner diubah menjadi gelombang harmonis sinusoidal. Frekuensi *mark* dinyatakan dalam logic 1 dan frekuensi *space* dinyatakan dalam logic 0. Hubungan antara frekuensi *mark* dan frekuensi *space* dapat dilihat pada gambar 1.

Pada modulasi FSK, dua buah sinyal sinusoidal dengan amplitudo maksimum sama dengan A_c , dengan frekuensi berbeda, f_1 dan f_2 . Dimana frekuensi tersebut digunakan untuk merepresentasikan biner 1 dan biner 0. Secara matematis ilustrasi tersebut dapat dituliskan dalam persamaan 1a dan 1b.

$$S(t) = A_c \cos 2\pi f_1 t \quad \text{untuk simbol '1'} \quad (1a)$$

$$S(t) = A_c \cos 2\pi f_2 t \quad \text{untuk simbol '0'} \quad (1b)$$

Dalam BFSK, frekuensi sinyal amplitudo pembawa konstan diaktifkan antara dua nilai berdasarkan dua pesan yang mungkin, sesuai dengan biner 1 atau 0. Tergantung bagaimana variasi frekuensi yang ditransmisikan. Secara umum sinyal BFSK dapat dinyatakan dalam persamaan 2a dan 2b.

$$S_1(t) = \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos 2\pi f_1 t, 0 \leq t \leq T_b, \text{ untuk biner 1} \quad (2a)$$

$$S_2(t) = \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos 2\pi f_2 t, 0 \leq t \leq T_b, \text{ untuk biner 0} \quad (2b)$$

Dimana T_b adalah periode bit dari data biner, dan E_b merupakan energi sinyal yang ditransmisikan per bit.

B. Bandwidth FSK

Seperti sistem komunikasi yang lain, bandwidth merupakan hal terpenting dalam merancang pemancar FSK. Dibawah ini

merupakan persamaan bandwidth FSK.

$$\Delta f = (f_m - f_s) / 2 = 1 / 4T_b \quad (4)$$

Dimana Δf merupakan frekuensi defiasi, f_m merupakan frekuensi mark, f_s merupakan frekuensi space, dan T_b merupakan waktu 1 bit dalam satuan detik, besarnya f_m dan f_s dinyatakan dalam persamaan 5a dan 5b.

$$f_m = f_c + \Delta f = f_c + 1 / 4T_b \quad (5a)$$

$$f_s = f_c - \Delta f = f_c - 1 / 4T_b \quad (5b)$$

Bentuk bandwidth pada FSK ditunjukkan pada persamaan 6 dibawah ini.

$$BW = f_m + 2\pi / T_b - (f_s - 2\pi / T_b) = f_m - f_s + 2 / T_b = 2(\Delta f + 1 / T_b) \quad (6)$$

C. Spektrum FSK

FSK terdiri dari dua gelombang sinusoidal yaitu f_m dan f_s . Sebagai akibatnya, dapat digambarkan spektrum FSK yang ditunjukkan pada Gambar 2.

III. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI PERANGKAT

A. Penentuan Kriteria Perancangan

Perancangan modulator FSK ini diawali dengan studi literatur penentuan parameter dan menentukan jenis IC yang sesuai dengan kriteria yang diinginkan. Parameter tersebut ada yang ditentukan diawal sebelum menentukan jenis IC, antara lain jenis modulasi yang digunakan yaitu menggunakan jenis modulasi FSK, kecepatan transfer data sebesar 9600bps, dan frekuensi pusat sebesar 436,915MHz yang disesuaikan dengan frekuensi transmitter pada *ground station* satelit IINUSAT-01.

Parameter-parameter lainnya yang dapat dihitung melalui nilai yang telah diketahui antara lain :

1. Frekuensi deviasi Δf : frekuensi deviasi yang digunakan berdasarkan referensi dari *datasheet* IC yang digunakan, yaitu sebesar 50KHz.
2. Frekuensi mark $f(m)$: frekuensi yang mewakili nilai logika 1 yang merupakan penjumlahan dari frekuensi pusat dengan frekuensi deviasi.

$$\begin{aligned} f_{(m)} &= f_{(c)} + \Delta f \\ &= 436,915 + 0.05 \\ &= 436,965 \text{ MHz} \end{aligned} \quad (7)$$

3. Frekuensi space $f(s)$: frekuensi yang mewakili nilai logika 0 yang merupakan pengurangan dari frekuensi pusat dengan frekuensi deviasi.

$$\begin{aligned} f_{(s)} &= f_{(c)} - \Delta f \\ &= 436,915 - 0.05 \\ &= 436,865 \text{ MHz} \end{aligned} \quad (8)$$

4. Bandwidth FSK

$$\begin{aligned} BW &= f_m - f_s + 2 / T_b = 2 [\Delta f + 1 / T_b] \\ &= 109.6 \text{ KHz} \end{aligned} \quad (9)$$

5. Time bit (T_b) : Durasi waktu yang merepresentasikan panjang dari 1 bit

$$\begin{aligned} T_b &= 1 / \text{keying speed in baud} \\ &= 1 / 9600 = 0.20833 \times 10^{-3} \text{ s} = 0.20833 \text{ ms} \end{aligned} \quad (10)$$

B. Pemilihan Komponen

Setelah penentuan parameter-parameter yang dibutuhkan untuk perancangan perangkat, akan dilakukan pemilihan IC yang sesuai dengan karakteristik yang dibutuhkan. Melalui

Tabel 1.
Nilai *constant ratio* untuk berbagai kombinasi pasangan

Id	Pasangan	Rata-Rata CR*
R1	a – c1	0,0193233
R2	b – c1	0,0132334
R3	c – c1	0,0132334
R4	a – c2	0,2343343
R5	b – c2	0,3423423
R6	c – c2	0,3423443
R7	a – c3	0,0023444
R8	b – c3	0,0200343
R9	c – c3	0,0234443

Garis vertikal boleh ditambahkan. Pernyataan yang menjelaskan seluruh bagian tabel diletakkan pada judul tabel, tidak pada catatan kaki di sini.

*CR – *Constant ratio*.

beberapa studi literatur, dipeilihlah IC yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu IC MAX7049. IC MAX7049 merupakan IC yang mempunyai performansi tinggi, yang bisa bekerja pada frekuensi UHF yaitu 288MHz - 945MHz, maksimum data rate mencapai 200kbps dan mempunyai maksimum daya hingga +15dBm. Gambar dari IC dapat ditunjukkan pada gambar 3. Dalam tugas akhir ini akan digunakan pada frekuensi 436,915MHz. Komponen yang digunakan untuk mengatur pada frekuensi 436,915MHz berbeda dengan komponen yang digunakan pada frekuensi lain. Semua komponen menggunakan komponen SMD karena disesuaikan dengan ukuran satelit yang berukuran kecil sehingga diperlukan komponen yang kecil pula. Ukuran komponen yang lebih kecil berpengaruh pada kesulitan dalam penyolderan. Sehingga digunakan solder khusus yang digunakan untuk komponen SMD.

C. Realisasi Perangkat

Langkah pertama dalam realisasi perangkat adalah membuat skematik rangkaian PCB dengan *software Eagle 6.2* kemudian layout PCB yang dibuat akan dicetak. Setelah selesai dicetak akan dilakukan penyolderan layout PCB. Setelah dilakukan penyolderan, akan dilakukan uji coba untuk mengetahui ada atau tidaknya kesalahan pada penyolderan dan layout PCB.

Pada Gambar 4 ditunjukkan skematik rangkaian dari transmitter. Hasil akhir dari perancangan dan perakitan IC MAX7049 sebagai perangkat modulator FSK 9600 baud pada perangkat transmitter untuk payload komunikasi satelit ITS-SAT dapat dilihat pada Gambar 5.

Untuk pengujian diperlukan beberapa perangkat pendukung, antara lain :

1. Evaluation Kit MAX7049

Evaluation kit digunakan sebagai pembanding hasil dari perangkat yang dibuat.

Evkit juga digunakan saat pengujian perangkat yang dirancang untuk menentukan parameter-parameter yang diinginkan dengan diintegrasikan menggunakan Software MAX 7049 yang sudah di Instal pada PC.

2. Software MAX7049

Software MAX7049 digunakan untuk mengatur jenis modulasi yang diinginkan karena IC MAX7049 dapat

digunakan sebagai modulasi ASK juga. Selain untuk mengatur jenis modulasi, *software* digunakan untuk mengatur frekuensi deviasi, frekuensi pusat, menentukan frekuensi mark dan space dengan mengatur tombol Txdata pada *software*, serta untuk mengatur kecepatan transmisi data. Tampilan *software* dapat dilihat pada Gambar 6.

3. Receiver RM 01

RM01 merupakan single modul receiver, daya rendah, multi channel FSK penerima yang dirancang untuk digunakan dalam aplikasi yang memerlukan FCC atau ETSI kesesuaian untuk penggunaan *unlicensed* pada frekuensi 315, 433, 868, dan 915 MHz. Gambar receiver RM01 dapat dilihat pada Gambar 8.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

A. Pengujian Evaluation Kit MAX7049

Evaluation Kit MAX7049 terdiri dari dua perangkat yaitu modul *transmitter* dan satu perangkat board yang digunakan untuk memprogram dan untuk menentukan parameter pengujian seperti frekuensi pusat, frekuensi defiasi, kecepatan transfer data, dan jenis modulasi. Dalam pengujiannya perangkat dihubungkan dengan *software* MAX7049 yang sudah terinstal pada PC.

Pengujian dan pengukuran *evaluation kit* dilakukan untuk mengetahui Output spektrum FSK pada *spectrum analyzer* apakah bentuknya sesuai dengan spektrum FSK atau tidak.

Untuk pengujian pertama dilakukan dengan menggunakan *spectrum analyzer*, dimana output RF pada perangkat transmitter dihubungkan pada *spectrum analyzer* dan pin datain pada *evaluation kit* dihubungkan dengan *function generator* untuk masukan sinyal informasinya. Dimana untuk *power supply* dihubungkan dengan PC yang terintegrasi dengan *evaluation kit*. Sinyal masukan dari *function generator* adalah NRZ yaitu berbentuk kotak yang merepresentasikan bit '1' dan bit '0'. Frekuensi pusat yang diatur yaitu 436,915MHz, frekuensi deviasi 50KHz, data rate sebesar 9600bps dimana semua parameter tersebut diatur pada *software* MAX 7049.

Pada pengujian ini digunakan frekuensi *span* yang diset bervariasi untuk mendapatkan output yang baik. Pada *software* MAX7049, saat Txdata dinyalakan dengan indikator wana hijau akan menghasilkan frekuensi mark. Sedangkan pada saat Txdata tidak dinyalakan atau indikator pada *software* berwarna merah akan menghasilkan frekuensi FSK dan bergantian menampilkan frekuensi *mark* dan frekuensi *space*.

Pada *software* FSK amplitudo diatur 63, FSK amplitudo step diatur 1, frekuensi deviasi diatur menjadi 50KHz, baud rate 9600bps, common shaping dalam bentuk pulse dan frekuensi pusat 436,915MHz. Pada pengujian ini digunakan frekuensi informasi sebesar 4800Hz yang dinyatakan dalam persamaan 11. Frekuensi informasi diatur pada *function generator*.

$$f_i = \frac{1}{2 \times t_b} = \text{keying speed (baud)} / 2 \quad (11)$$

Hasil dari pengujian frekuensi mark dan space dapat dilihat pada Gambar 9.

Dari Gambar 9 (a) terlihat bahwa frekuensi bergeser menjadi 436,95MHz. Frekuensi bergeser sejauh frekuensi

deviasi yaitu sebesar 50KHz. Frekuensi tersebut merupakan frekuensi mark yang merepresentasikan nilai bit 1. Dari Gambar 9 (b) terlihat bahwa frekuensi tergeser 50KHz menjadi 436,856MHz. Dari data tersebut menunjukkan bahwa frekuensi bergeser sejauh frekuensi deviasi. Frekuensi tersebut merupakan frekuensi space yang merepresentasikan bit 0. Dari gambar 9 (c) terlihat spektrum FSK dengan frekuensi deviasi sebesar 50KHz dan *power spectral* 13,77 dBm.

B. Pengujian Perangkat Transmitter

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah IC MAX7049 bisa bekerja atau tidak. Pada pengujian ini akan diamati output dari *transmitter* dengan menggunakan *Spectrum Analyzer* BK Precision 2658A. Skema pengujian perangkat transmitter hampir sama dengan skema pengujian sebelumnya. Hanya pada pengujian perangkat transmitter, modul *evaluation kit* terlebih dahulu harus dipisahkan dengan modul *transmitter*. Hal tersebut dilakukan untuk pengujian perangkat *transmitter* yang dirancang sendiri agar bisa diintegrasikan dengan *evaluation kit*. Dalam pengujiannya nanti perangkat *transmitter* yang dirancang dihubungkan dengan *evaluation kit* menggunakan pin *header* yang dihubungkan dengan kabel.

Untuk pengujian frekuensi mark dan frekuensi space sama dengan pengujian waktu menggunakan modul transmitter. Hasil untuk frekuensi mark dan frekuensi space dapat dilihat pada Gambar 10.

Dari Gambar 10 (a) terlihat bahwa frekuensi tergeser 50KHz menjadi 436,95MHz. Dari data tersebut menunjukkan bahwa frekuensi bergeser sejauh frekuensi deviasi. Frekuensi tersebut merupakan frekuensi *mark* yang merepresentasikan bit 1. Dari Gambar 10 (b) terlihat bahwa frekuensi tergeser 50KHz menjadi 436,856MHz. Dari data 10 (c) menunjukkan bahwa frekuensi bergeser sejauh frekuensi deviasi. Frekuensi tersebut merupakan frekuensi space yang merepresentasikan bit 0. Dari gambar diatas dapat dilihat spektrum FSK dengan frekuensi defiasi sebesar 50KHz dengan *power spectral* sebesar -27 dBm.

C. Pengujian Integrasi Transmitter MAX7049 dengan Receiver RM01

Skema pengujian integrasi transmitter dengan receiver ini sedikit berbeda dengan skema pengujian sebelumnya. Pada pengujian ini digunakan power supply eksternal. Pada pengujian ini perangkat transmitter dihubungkan ke receiver, dimana outputnya dapat dilihat pada osiloskop. Sinyal informasi diatur menggunakan *function generator* yang dihubungkan pada pin data in pada *evaluation kit* yang diintegrasikan dengan *software* dan PC untuk dimasukkan parameter yang diinginkan. Receiver dihubungkan dengan power supply eksternal sebesar 5 volt. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 11. Dari gambar diatas terlihat bahwa keluaran dari integrasi transmitter yang diintegrasikan dengan receiver dengan V_{pk-pk} sebesar 1,38V.

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan hasil analisis modulator FSK yang telah dilakukan pada pengujian dan pengukuran pada transmitter, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. IC MAX7049 dapat digunakan sebagai perangkat transmiter FSK yang mampu bekerja pada frekuensi 436,915MHz.
 2. IC MAX7049 mampu bekerja pada kecepatan laju data 9600bps.
- Transmitter MAX7049 dapat diintegrasikan dengan modul receiver RM01.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Eko Setijadi ST., MT., PhD dan Bapak Dr. Ir. Suwadi, MT selaku Dosen pembimbing, Orang Tua, Teman-teman Satelit B306, dan teman-teman angkatan 2009.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ha, Tri T. "Digital Satellite Communication", second edition. 1990. McGraw-Hill, Inc, USA.
- [2] Ludwig, Reinhold dan Bretcko, Pavel, "RF Circuit Design Theory and Applications", Worcester polytechnic institute, United States of America, 2000
- [3] Proakis, J.G., "Digital Communication", Department of Electrical and Computer Engineering, University of California, San Diego, 2007
- [4] Sackey, E.N.O., "Performance Evaluation of M-ary Frequency Shift Keying Radio Modems via Measurements and Simulations", Electrical Engineering, Blekinge Institute of Technology, 2006
- [5] Sklar, Bernard, "Communications Fundamental and Applications", Communications Engineering Services, University of California, Los Angeles, Second Edition.
- [6] Roddy, Dennis, "Satellite Communications", Copyright The McGraw-Hill Companies, 2001
- [7] Tomasi, Wayne. "Electronic Communication System Fundamental Through Advanced", fourth edition. 2001. Prentice Hall, Inc. New Jersey, USA
- [8] Young P.E., Paul H. "Electronic Communication Techniques", third edition. 1994. Macmillan Publishing Company, United States of America.